

Jaakko Kaaranka

Kaukolämpöakun mitoitus ja investoinnin kannattavuus Seinäjoen Energialle

Opinnäytetyö

Syksy 2013

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: LVI-tekniikka

Tekijä: Jaakko Kaaranka

Työn nimi: Kaukolämpöakun mitoitus ja investoinnin kannattavuus Seinäjoen Energialle

Ohjaaja: Eero Kulmala

Vuosi: 2013 Sivumäärä: 21 Liitteiden lukumäärä: 1

Öljyn hinnan nousun myötä monet lämmöntuottajat ovat pyrkineet lisäämään kotimaisten uusiutuvien polttoaineiden käyttöä öljyn sijasta.

Työn tarkoituksena oli mitoittaa lämmön lyhytaikaisvarastointiin tarkoitetun kaukolämpöakun varastointikapasiteetti, purkausteho ja tilavuus Seinäjoen Energialle. Mitoituksen jälkeen tutkittiin investoinnin kannattavuutta vuoden 2012 tuntikohtaisen kaukolämmön kulutuksen tietojen perusteella.

Kaukolämpöakun tilavuudeksi saatiin 3 000 m³, purkaustehoksi 15 MW ja varauskapasiteetiksi 100 MWh. Vuonna 2012 kaukolämpöakku olisi tuottanut 130 000 €. 800 000 €:n investoinnin takaisinmaksuaika on tasaisilla vuosituotoilla 10 vuotta korkokannan ollessa 9 %. Näiden tietojen perusteella investoinnin voidaan todeta olevan kannattava.

Investointiin liittyy kuitenkin huomattavia epävarmuustekijöitä. Ulkolämpötila ja lämpölaitoksien käyttöajat muuttuvat vuosittain. Lisäksi laskelmissa käytettiin paljon keskimääräisiä arvoja.

Avainsanat: kaukolämmitys, investoinnit

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: HVAC Engineering

Author: Jaakko Kaaranka

Title of thesis: The Design of a District Heat Storage and Cost-effectiveness of Investment for Seinäjoen Energia

Supervisor: Eero Kulmala

Year: 2013 Number of pages: 21 Number of appendices: 1

Since the rise of oil prices heat producers have been trying to increase the use of indigenous renewable fuels instead of oil.

The aim of the thesis was to size the charge capacity, discharge power and volume of the short term district heat storage for a local district heat producer in Seinäjoki. After the design, the cost-effectiveness of the investment was studied based on the hourly consumption data on district heating in 2012.

The volume of the storage was calculated as 3.000 m³, the discharge power as 15 MW and the charge capacity as 100 MWh. In 2012, the district heat storage would have made € 130.000. With an investment cost of € 800.000, the investment would have paid off in 10 years with the interest rate of 9 %. According to these calculations, the district heat storage is profitable.

The investment, however, involves significant X-factors. Temperature and the usage of the heat plants change annually. Moreover, many average values were used in the calculations.

Keywords: district heating, investments

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
1 JOHDANTO	6
1.1 Työn tausta	6
1.2 Työn tavoite ja rajaukset	7
1.3 Työn rakenne	7
1.4 Seinäjoen Energia kaukolämpö.....	8
2 KAUKOLÄMPÖ	9
3 KAUKOLÄMPÖAKKU	10
3.1 Kaukolämpöakun mitoitus	11
3.2 Kaukolämpöakun tilavuus	11
3.3 Kaukolämpöakun taloudellinen kannattavuus	13
3.3.1 Investoinnin pääomakustannukset.....	13
3.3.2 Kaukolämpöakun tuomien säästöjen laskenta	14
4 KAUKOLÄMPÖAKKU SEINÄJOEN ENERGIALLE	15
4.1 Kaukolämpöakun mitoitus Seinäjoen Energialle	15
4.2 Kaukolämpöakun tilavuuden määrittely Seinäjoen Energialle	15
4.3 Investoinnin kannattavuus.....	16
5 YHTEENVETO.....	19
LÄHTEET	20
LIITTEET	21

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Taulukko 1. Suomeen rakennetut kaukolämpöakut	7
---	---

1 JOHDANTO

Kaukolämpöakku on suuri vesivarasto, johon ladatulla lämpöenergialla voidaan myöhemmin korvata kalliimman tuotantotavan lämpöenergiaa (Karhu 2010, 1). Kaukolämpöakun taloudellisuus muodostuu investointikustannusten suuruudesta sekä vuotuisista akun synnyttämistä säästöistä. Säästöä syntyy kalliimpien polttoaineiden käytön vähentymisestä. Investointikustannuksia nostavat säiliön suuri koko ja siihen tarvittava perustus-, teräs-, eriste- ja työmäärä. Kustannuksia muodostuu myös kaukolämpöakun lämpöhäviöistä ja veden pumppauksesta. Kaukolämpöakun tilavuus ja purkausteho sovitetaan kuhunkin kaukolämpöjärjestelmään erikseen. Maanpäällisten terässäiliövarastojen maksimitilavuutena voidaan pitää 40 000 m³:ta, sillä sitä suuremmat säiliöt ovat investointikustannuksiltaan edullisempia louhia maanalaisiin varastoihin. Maanalaisia lämpövarastoja voidaan käyttää suuren varauskapasiteetin ansiosta vuodenaikojen välisen lämmöntarpeen vaihteluiden tasaamiseen, kun taas maanpäälliset varastot on tarkoitettu yleensä vuorokautisten vaihteluiden tasaamiseen. Lyhytaikaisvarastoinnissa päästään nopeisiin kaukolämpöakun purkaus- ja lataussykleihin, joten varaston lämpöhäviöt ovat vain pieni osa verrattuna kausivaihteluun tarkoitettujen kaukolämpöakkujen häviöstä.

1.1 Työn tausta

Seinäjoen Energia on harkinnut kaukolämpöakun rakentamista yhdeksi tulevaisuuden investoinnin kohteeksi. Kaukolämpöakku on rakennettu noin 20 voima- ja lämpölaitoksen yhteyteen Suomessa (Energian varastointi. 2004, 300), joten siitä voisi olla hyötyä myös Seinäjoella. Kaukolämpöakulla pyritään vähentämään öljyllä toimivien vesikattiloiden käyttöä. Kaukolämpöakku on kannattavinta sijoittaa lämpölaitoksen yhteyteen, sillä kaukolämpöakun vaatima purkausteho on edullisempaa sijoittaa jo olemassa olevien suurien kaukolämpöjohtojen läheisyyteen (Karhu 2010, 2). Voima- ja lämpölaitoksien yhteydessä kaukolämpöakun menoveden lämpötilaa voidaan lisäksi tarvittaessa nostaa, jotta se vastaisi paremmin kaukolämpöverkostossa kiertävän veden lämpötilaa.

Taulukko 1. Suomeen rakennetut kaukolämpöakut
(Energian varastointi 2004, 300).

Paikka	Tilavuus m ³	Kapasiteetti MWh	Maksimiteho MW	Pääpolttoaine	Käyttöönottovuosi
Otaniemi	500	20	10	Kaasu	1974
Oulu	15000	800	80	Turve	1985
Oulu (kallio)	190000	10000	80	Turve	1996
Lahti	10000	450	40	Hiili	1985
Lahti	200	9	1	Kaasu	1989
Naantali	15000	690	82	Hiili	1985
Helsinki, Salmisaari	2*10000	1000	130	Hiili	1987
Helsinki, Vuosaari	26000	1400	130	Kaasu	1997
Saarijärvi	350	21	3	Turve	1988
Kouvola	10000	420	72	Kaasu	1988
Hämeenlinna	10000	320	50	Hiili	1988
Hyvinkää	10000	350	50	Kaasu	1988
Vantaa	20000	900	50	Hiili	1990
Rovaniemi	10000	450	30	Turve	1998
Turku	6000	300	60	Hiili, biomassa	2003
Ylivieska	1300	40	10	Biomassa	2003
Jyväskylä	10000	400	30	Puu, turve	2003
Kokkola	3200	185	50	Biomassa	2001

1.2 Työn tavoite ja rajaukset

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on eri lähteitä käyttämällä mitoittaa kaukolämpöakku Seinäjoen Energian kaukolämpöverkkoon sopivaksi. Lisäksi tarkastellaan valitun kokoisen kaukolämpöakun vuotuisia säästöjä ja kannattavuutta.

1.3 Työn rakenne

Kappaleessa 3 tarkastellaan erilaisia menetelmiä, joilla voidaan määritellä kaukolämpöakun tilavuus, purkausteho sekä varauskapasiteetti. Samassa kappaleessa tarkastellaan myös investoinnin kannattavuuden laskentamenetelmiä. Kappaleessa 4 mitoitetaan näitä menetelmiä hyväksi käyttäen kaukolämpöakku Seinäjoen Energian kaukolämpöverkkoon sopivaksi ja lasketaan investoinnin kannattavuus. Lopuksi tarkastellaan työssä saatuja tuloksia sekä esitetään tutkimuksen perusteella muodostetut johtopäätökset.

1.4 Seinäjoen Energia kaukolämpö

Seinäjoen Energia on perustettu vuonna 1927 palvelemaan alueen asukkaiden energiatarpeita (Omistus, [Viitattu 27.3.2013]). Se yhtiöitettiin vuonna 1994 ja se on täysin Seinäjoen kaupungin omistuksessa. Yritys myi vuonna 2011 lämpöä 427 GWh josta suurin osa ostettiin Vaskiluodon Voima Oy:n Seinäjoen Voimalaitokselta (Toimintakertomus 2012, 17). Omilla lämpökeskuksilla tuotetun lämmön osa oli 86 GWh. Vuosi 2011 oli normaalia lämpimämpi, minkä vuoksi toimitetun lämmön määrä oli 10 % pienempi edelliseen vuoteen verrattuna. Kaukolämpöön liittyy uusia asiakkaita vuosittain tasaisesti. Vuoden 2011 aikana uusia liittymiä rakennettiin 213, joista 177 oli uudisrakennuksia ja 36 lämmitysmuodon vaihtajia. Kaukolämpöyksikön liikevaihto oli kyseisenä vuonna 18,2 miljoonaa euroa. Siihen sisältyy kaukolämmön myynti Seinäjoella ja Peräseinäjoen taajamassa sekä höyryn myynti sairaanhoitopiirille ja Keskuspesulalle.

Seinäjoen Energialla on yhdeksän kiinteätä lämpölaitosta, joita käynnistetään silloin, kun lämmöntarve lämmönsiirtoverkossa ylittää Seinäjoen Voimalaitoksen taloudellisesti kannattavan lämmöntuotantokyvyn. Ainoastaan Kapernaumin 20 MW:n kiinteän polttoaineen kattila on jatkuvasti päällä lukuun ottamatta kevään ja syksyn huoltoseisokkeja. Öljykattiloita käynnistetään kovilla pakkasilla sekä poikkeus-tilanteissa. Myös Peräseinäjoella on oltava jatkuvasti vähintään toinen laitoksista päällä, koska siellä on oma erillinen kaukolämpöverkosto. Kiinteiden kattiloiden lisäksi Seinäjoen Energialla on kaksi pientä siirrettävää polttoöljykäyttöistä lämpökeskusta. Niitä käytetään kaukolämpöverkon uusilla rakennusalueilla ja alueilla, joihin ei muulla tavalla pystytä lämpöä toimittamaan esimerkiksi korjaustöiden vuoksi.

2 KAUKOLÄMPÖ

Kaukolämmityksellä tarkoitetaan lämmön keskitettyä tuotantoa ja jakelua laajalle alueelle, esimerkiksi kaupungin koko taajamalle. Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto ja noin 2,7 miljoonaa suomalaista kuuluu sen piiriin (Kaukolämmitys, [Viitattu 2.4.2013]). Kaukolämmityksellä on 50 %:n markkinaosuus Suomen lämmitysmarkkinoista. Lähes 80 % kaukolämmöstä saadaan lämpöä ja sähköä tuottavista yhteisvoimalaitoksista, teollisuuden ylijäämälämpönä tai kaatopaikkojen biokaasujen poltosta (Toimintavarma kaukolämpö, [Viitattu 2.4.2013]). Pienillä paikkakunnilla lämmön kysynnän alhaisuus ja vaihtelevuus rajoittavat tällaisten tuotantolaitosten rakentamista, jolloin kaukolämpö joudutaan tuottamaan erillisillä lämpölaitoksilla. Kaukolämpö on kummassakin tapauksessa ympäristöystävällistä, sillä päästöt keskittyvät yhteen päästölähteeseen useiden erillisten lämpölähteiden sijaan. Öljyn hinnan nousun myötä monet lämmöntuottajat ovat siirtyneet kotimaisien uusiutuvien polttoaineiden käyttöön, mikä alentaa Suomen hiilidioksidipäästöjä.

3 KAUKOLÄMPÖAKKU

Kaukolämpöakulla tarkoitetaan yleensä sylinterinmuotoista paineetonta tai paineistettua vesitäytteistä eristettyä terässäiliötä (Karhu 2010, 14). Se toimii lämpövarastona, jota voidaan purkaa tai ladata kunkin hetken energiankulutuksen mukaan. Säiliötä purettaessa säiliön yläosasta pumpataan kaukolämpöverkkoon kuumaa vettä ja säiliön alaosaan päästetään vastaava määrä jäähtynyttä paluuvettä. Akkua ladattaessa taas yläosaan päästetään kuumaa menovettä ja alaosasta pumpataan kaukolämmön paluujohtoon jäähtynyttä vettä. Näin kaukolämpöakku toimii keinotekoisena lämmönkuluttajana.

Kaukolämpöakun tehtävä kaukolämpöjärjestelmässä on

- nostaa kaukolämmön perustuotantolaitoksen käyttöastetta (Energian varastointi 2004, 299)
- pienentää öljykattiloiden käyttötarvetta
- toimia tehoreservinä kaukolämmön suunnitelluissa tai suunnittelemattomissa tuotantovauriotapauksissa
- toimia vesireservinä kaukolämpöverkon vuototapauksissa
- olla kaukolämpöverkon paineensäätöjärjestelmän osatekijä ja paisuntasäiliö.

Kaukolämpöakku liitetään kaukolämpöverkkoon joko suoralla tai epäsuoralla kytkennällä (Karhu 2010, 15). Suurin osa Suomeen rakennetuista akuista on liitetty suoralla kytkennällä, sillä se ei vaadi erillistä lämmönsiirintä. Tällöin akussa kiertää sama vesi kuin kaukolämpöverkossa, jolloin akkua voidaan käyttää kaukolämpöverkon paisuntasäiliönä ja vesireservinä. Paine-ero akun ja kaukolämpöverkon välillä hoidetaan asentamalla akun sisääntulon luokse kuristusventtiili ja ulosvirtauksen luokse pumppu. Säiliön kuuman ja kylmän veden sekoittumista pyritään estämään hidastamalla sisäänvirtausta erillisillä virtauksenohjaimilla. Kuumuuden ja kosteuden aiheuttama korroosio-ongelma voidaan estää pitämällä säiliön vapaassa tilassa lievää ylipainetta, jolloin happea ei pääse säiliöön. Ylipaine voidaan tehdä lämpölaitoksen prosessien vesihöyryllä tai erillisellä sähköisellä höyrystimelä. Säiliö on paineen vaihtelun vuoksi varustettava asianmukaisilla varoventtiileillä.

3.1 Kaukolämpöakun mitoitus

Kaukolämpöakun mitoituksessa otetaan ensisijaisesti huomioon kaukolämpöjärjestelmä, johon se liitetään (Karhu 2010, 25). Kaukolämmön kysynnän vuorokautiset vaihtelut voidaan selvittää kaukolämpölaitosten käyttöohjelman historiatiedoista sillä kulutus mitataan minuuteittain. Yleisenä ohjeena on annettu, että tehon tulisi olla 10–15 % huipputehon arvosta ja varauskapasiteetilla tulisi olla 2–4 tunnin varauskyky täydellä teholla, jos lämpövarastoa ei käytetä varatehon varmistamiseen. Karhun mukaan ohjeistus antaa kuitenkin aivan liian suuret arvot (s.57), joten sitä ei käytetä tässä työssä. Varauskapasiteetti ja purkausteho määritellään sopivan suuruiseksi tutkimalla yrityksen kaukolämmön kysynnän historiatietoja (s.27). Suomeen on rakennettu parikymmentä kaukolämpöakkua, joten mitoitusta voidaan arvioida myös vertailemalla jo rakennettuja kaukolämpöakkuja toisiinsa. Karhu on työssään vertaillut Suomen paineettomien suoran kytkennän kaukolämpöakkujen varauskapasiteettia tilavuuden funktiona ja saanut tulokseksi yhtälön 1.

$$Q_{akku}(V) = 0,0529 \times V_{akku} - 67,81 \quad (1)$$

jossa Q_{akku} on kaukolämpöakun varauskapasiteetti

V_{akku} on kaukolämpöakun tilavuus

3.2 Kaukolämpöakun tilavuus

Kaukolämpöakun tilavuus riippuu kaukolämpöakun meno- ja paluuveden lämpötilaerosta (Karhu 2010, 26). Kaavan 2 avulla voidaan laskea kaukolämpöakun varauskapasiteetti, kun tiedetään akun meno- ja paluuveden lämpötilaero, veden tilavuus sekä ominaislämpökapasiteetti.

$$Q_{akku} = c_{vesi} \times \rho_{vesi} \times V_{vesi} \times \Delta T_{vesi} \quad (2)$$

jossa c_{vesi} on veden ominaislämpökapasiteetti

ρ_{vesi} on veden tiheys

V_{vesi} on veden tilavuus

ΔT_{vesi} on meno- ja paluuveden lämpötilaero

Kaukolämpöakun varauskapasiteetti määritellään sopivan suuruiseksi tutkimalla yrityksen kaukolämmön kysynnän historiatietoja (Karhu 2010, 27). Kaukolämmön meno- ja paluuveden lämpötilaero riippuu vuodenajasta, mutta sille voidaan antaa keskimääräinen arvo. Tällöin yhtälö 2 voidaan muuttaa muotoon 3.

$$V_{vesi} = \frac{Q_{akku}}{c_{vesi} \times \rho_{vesi} \times \Delta T_{vesi}} \quad (3)$$

Kaukolämpöakun tilavuus ei ole kokonaan käytettävissä akun varaukseen (Karhu 2010, 27). Säiliössä on ylä- ja alarajat, joista saadaan akun varaukseen käytettävissä oleva tilavuus. Yläraja määräytyy höyrypatjan ja paisuntatilan vaatimasta tilavuudesta ja alaraja puolestaan rajakerrosvyöhykkeen paksuudesta ja alaosan vesikerroksesta. Säiliön pohjalla pidetään aina pientä paluuveden kerrosta joka toimii lämmöneristeenä ja pohjalevyn lämpöliikkeiden estäjänä. Yleensä akun varaukseen käytettävissä oleva tilavuus on noin 94 % säiliön kokonaistilavuudesta. Kaukolämpöakun tilavuus voidaan tällöin laskea kaavalla 4.

$$V_{vesi} = \frac{Q_{akku}}{\eta_t \times c_{vesi} \times \rho_{vesi} \times \Delta T_{vesi}} \quad (4)$$

jossa η_t on säiliön tilavuuden hyötysuhde

Hyötysuhteen laskeminen etukäteen on vaikeaa, sillä vuotuinen ilmasto ja hetkelliset sääolot vaikuttavat kaukolämpöakkuun ladatun veden lämpötilaan ja lämpöhäviöiden määrään (Karhu 2010, 28). Hyötysuhdetta voidaan parantaa lämpövaraston eristyksellä ja purkausjaksojen lisäämisellä. Hyötysuhde voi olla enintään 1 ja lyhytaikaisvarastoinnissa päästäänkin lähelle teoreettista maksimihyötysuhdetta.

Myös Kinnunen (2003, [Viitattu 11.9.2013]) on työssään tutkinut kaukolämpöakun optimaalista kokoa ja saanut tulokseksi kaavan 5, jolla voidaan laskea kaukolämpöakun tilavuus.

$$V_{vesi} = -0,0102 \times Q_a^2 + 9,6605 \times Q_a + 68,395 \quad (5)$$

jossa Q_a on verkon kaukolämpöenergian vuosittainen kulutus.

Kaukolämpöakun tilavuutta voidaan arvioida myös vertaamalla Karhun työssään saamaa kaukolämpöakun tilavuutta Tampereen kaukolämmön vuosittaiseen kuluutukseen. Karhu (2010, 53) optimoi työssään kaukolämpöakun tilavuudeksi 14 000 m³ ja Tampereen kaukolämmön myynti vuonna 2008 oli 1935 GWh (s.4). Tällöin akun tilavuuden suhde kaukolämmön myyntiin Tampereella on

$$\frac{1935 \text{ GWh}}{14000 \text{ m}^3} = 0,138$$

3.3 Kaukolämpöakun taloudellinen kannattavuus

Kaukolämpöakun kannattavuus muodostuu pääomakustannuksista, käyttökustannuksista ja vuotuisista energiantuotannossa syntyvistä liikevoitoista (Karhu 2010, 59). Kaukolämpöakun pääomakustannukset riippuvat terässäiliön sijainnista, tilavuudesta ja purkaustehosta. Tuottoa syntyy akun käytöstä johtuvasta kalliimpien polttoaineiden käytön vähentymisestä. Investointilaskelmien yhteydessä käytetään yleensä takaisinmaksuajan ja sisäisen koron menetelmää. Menetelmiä käytetään täydentämään toisiaan. Takaisinmaksuajan menetelmässä lasketaan aika, joka kuluu investoinnin pääoma- ja käyttökustannusten kattamiseen vuotuisten nettotuottojen avulla. Sisäisen koron laskennassa lasketaan korkokanta, jolla investoinnin nettonykyarvoksi saadaan nolla. Investointi on sitä edullisempi, mitä suuremmaksi korkokanta muodostuu.

3.3.1 Investoinnin pääomakustannukset

Karhun (2010, 60) mukaan Tampereen Energiatuotanto teetti arvion kaukolämpöakun investointitarpeesta vuonna 2006. Arvio tuolloin tilavuudeltaan 15 000 m³:n ja purkausteholtaan 80 MW:n akun investointitarpeesta oli noin 3,8 miljoonaa euroa. Karhu arvioi omassa työssään, että tilavuudeltaan 14 000 m³:n ja purkausteholtaan 60 MW:n kaukolämpöakun investointitarve olisi ollut noin 2,8–3,3 miljoonaa euroa.

3.3.2 Kaukolämpöakun tuomien säästöjen laskenta

Karhun (2010, 50) mukaan yksi keino kaukolämpöakun mitoittamiseen on tarkastella edellistä vuotta aivan kuin kaukolämpöakku olisi ollut käytössä. Käytännössä edellistä vuotta tulisi käydä läpi päivittäin ja luoda kaukolämpöakulle optimaalisin ajotapa jokaiselle tunnille. Tuloksena olisi maksimaalinen tuotto kaukolämpöakulle, mutta se olisi epärealistinen sillä kaukolämmön kysyntää ei voida ennustaa tarkasti usean päivän päähän. Tässä työssä on kuitenkin oletettu, että kaukolämpöakkuja ladataan aina kun se on mahdollista ja puretaan heti, kun lämmön kustannustaso vaihtuu.

4 KAUKOLÄMPÖAKKU SEINÄJOEN ENERGIALLE

Kaukolämpöakun kannattavin sijoituspaikka on Kapernaumin turvekattilan läheisyydessä. Tällöin voidaan hyödyntää jo olemassa olevia suuria kaukolämpöjohtoja joita kaukolämpöakun purkausteho vaatii. Myös kaukolämpöakun höyrypatjan vaatima höyry voidaan ottaa turvekattilan prosesseista. Tämä tarkoittaa myös sitä, että akkua voidaan käyttää vain silloin kun turvekattila on päällä. Talvisin akusta purettavaa menovettä voidaan lämmittää turvekattilalla vastaamaan verkossa kiertävän veden lämpötilaa.

4.1 Kaukolämpöakun mitoitus Seinäjoen Energialle

Tutkimalla Seinäjoen Energian kaukolämmön kulutuksen historiatietoja voidaan määrittellä kaukolämpöakulle sopiva purkausteho sekä varauskapasiteetti. Päivittäin toistuvista tehontarpeen vaihteluista huomataan, että useimpina päivinä aamun ja iltapäivän tehontarpeessa on eroa noin 20 MW. Siitä voidaan laskea, että riittävä purkausteho kaukolämpöakulle olisi 15 MW. Tämä ei kata kaikkein suurimpia kulutushuippuja, mutta se ei ole tarkoituskaan. Suuremman purkaustehon kustannukset nousisivat siitä saatavaa hyötyä suuremmiksi.

Toisin kuin purkausteho, varauskapasiteetti riippuu oleellisesti kaukolämpöakun tilavuudesta. Myös varauskapasiteetille voidaan kulutuksen historiatietojen perusteella määrittellä sopiva arvo, minkä pohjalta tilavuutta voidaan lähteä arvioimaan. Tutkimalla vuoden 2012 mahdollisia kaukolämpöakun käyttöpäiviä voidaan katsoa 100 MWh olevan riittävä varauskapasiteetti.

4.2 Kaukolämpöakun tilavuuden määrittely Seinäjoen Energialle

Kaukolämpöakun tilavuutta voidaan arvioida usealla eri menetelmällä. Seinäjoen Energia myi vuonna 2011 lämpöä 427 MWh. Sijoittamalla se kaavaan 5 saadaan kaukolämpöakun tilavuudeksi

$$-0,0102 \times 427^2 + 9,6605 \times 427 + 68,395 = 2334 m^3$$

Vertaamalla Karhun työssään saamaan akun tilavuuteen suhteessa Tampereella vuonna 2008 myytyyn lämpömäärään saadaan akun tilavuudeksi

$$\frac{427MWh}{0,138} = 3094m^3$$

Vertaamalla Suomessa rakennettujen kaukolämpöakkujen varauskapasiteetin suhdetta tilavuuteen saadaan 100 MWh:n varauskapasiteetilla ratkaistua kaavasta 1 tilavuudeksi

$$\frac{100MWh+67,81}{0,0529} = 3172m^3$$

Kaukolämpöakun varaukseen käytettävissä olevan veden tilavuus voidaan laskea kaavalla 4, kun tiedetään veden ominaislämpökapasiteetti, tiheys, meno- ja paluuveden lämpötilaero, akun varauskapasiteetti sekä säiliön tilavuuden hyötysuhde. Meno- ja paluuveden lämpötilaero riippuu vuodenajasta, mutta sen voidaan olettaa olevan keskimäärin 35 °C ympäri vuoden. Hyötysuhteeksi voidaan sopia 95 %, kun kyseessä on lyhytaikaisvarastointiin tarkoitettu lämpövarasto. Veden tilavuudeksi saadaan

$$\frac{3,6 \times 10^8 kJ}{0,95 \times 4,2 \frac{kJ}{kg \times ^\circ C} \times 980 \frac{kg}{m^3} \times 35^\circ C} = 2630m^3$$

Yleensä akun varaukseen käytettävissä olevan veden tilavuus on noin 94 % akun tilavuudesta, jolloin akun kokonaistilavuudeksi saadaan

$$\frac{2630m^3}{0,94} = 2798m^3$$

Saatujen tulosten perusteella voidaan katsoa 3000 m³ olevan sopiva tilavuus Seinäjoen Energian kaukolämpöakulle.

4.3 Investoinnin kannattavuus

Tampereen Energiatuotannon teettämän arvion mukaan tilavuudeltaan 15 000 m³:n kaukolämpöakun investointitarve oli vuonna 2006 noin 3,8 miljoonaa euroa

(Karhu 2010, 60). Tämän perusteella oletetaan 3000 m³:n kaukolämpöakun investointitarpeen olevan arviolta noin 800 000 euroa.

Tässä työssä kaukolämpöakun kannattavuutta tutkitaan takaisinmaksuajan menetelmällä. Lähtötietoina käytetään vuoden 2012 kaukolämmön kulutuksen ja lämpölaitosten historiatietoja. Tiedot perustuvat Generis-ohjelman tallentamiin arvoihin, joita voidaan käsitellä siirtämällä ne Excel-laskentaohjelmaan. Kaukolämmön kysyntää ja lämpölaitosten lämmöntuotantokapasiteettia tarkastellaan aivan kuin kaukolämpöakku olisi ollut käytössä vuonna 2012.

Kun oletetaan, että kaukolämpöakku ladataan ja tarvittaessa puretaan ympäri vuoden, akun avulla olisi voitu vuonna 2012 korvata öljyn käyttöä noin 2 100 MWh:n edestä edullisemmilla polttoaineilla. Öljyllä tuotetun lämmön korvaaminen biopolttoaineella toisi säästöä keskimäärin noin 75 €/MWh (Mursula 2013). Näin ollen säästöä olisi tullut noin 160 000 €. Jos akun vaatima höyry otettaisiin turvelaitoksen prosesseista, akku ei voitaisi käyttää turvelaitoksen ollessa sammuksissa. Tällöin säästöä tulisi vain noin 110 000 € vuodessa. Tämän perusteella kannattavampaa olisi varustaa akku sähköisellä höyrystimellä, jolloin akku voitaisiin käyttää ympäri vuoden riippumatta turvelaitoksesta.

Todellisuudessa useat eri tekijät pienentävät akun avulla saatavaa säästöä huomattavasti. Laskelmissa ei ole otettu huomioon akun veden pumppaamisesta ja höyrystimen käytöstä aiheutuvaa sähkön kulutusta. Myöskään lämpöhäviötä ei ole otettu huomioon. Todellisuudessa ulkolämpötilat muuttuvat vuosittain eikä kaukolämmön kysyntää voida ennustaa yhtä tarkasti, kuin säästölaskelmissa on oletettu. Lisäksi jotkut öljykattiloiden käynnistykset ovat välttämättömiä koekäynnistyksiä joilla varmistetaan kattiloiden toimivuus, eikä niitä näin ollen voida korvata edullisemmilla polttoaineilla. Seinäjoki on kasvava kaupunki mikä tarkoittaa jatkuvasti kasvavaa kaukolämmön kysyntää. Tämä merkitsee kaukolämpöakun mahdollisten käyttöpäivien vähentymistä ja säästöjen pienentymistä. Näistä syistä johtuen kannattavuuslaskelmissa oletetaan vuotuisten säästöjen olevan pienemmät, noin 130 000 €.

Investoinnin takaisinmaksuaika voidaan selvittää jaksollisen maksun diskonttaus-tekijöiden taulukon avulla. Käytetään laskennan korkokannan arvona 9 %. Laske-

taan ensin takaisinmaksuajan karkea arvio 800 000 €:n pääomakustannuksella ja 100 000 €:n vuotuisilla säästöillä.

$$\frac{800\,000\text{ €}}{130\,000\text{ €}} = 6,15\text{ vuotta}$$

Sitten haetaan liitteestä 1 arvo, joka antaa 9 %:n korkokannalla arvon 6,15. Taulukon avulla saadaan takaisinmaksuajaksi noin 9,4 vuotta.

5 YHTEENVETO

Työssä mitoitettiin kaukolämpöakun varauskapasiteetti, purkausteho ja tilavuus Seinäjoen Energia Oy:lle. Varauskapasiteetti ja purkausteho määriteltiin sopiviksi tutkimalla kaukolämmön kysynnän ja lämpölaitosten lämmöntuotantokapasiteetin historiatietoja. Varauskapasiteetiksi saatiin 100 MWh ja maksimipurkaustehoksi 15 MW. Akun tilavuutta mitoitettiin käyttämällä useita eri menetelmiä. Kaikilla menetelmillä saatiin lähes samansuuruisia arvoja ja akun tilavuudeksi päätettiin 3000 m³.

Näillä kaukolämpöakun ominaisuuksilla tutkittiin vuoden 2012 mahdollisia säästöjä, jos akku olisi ollut käytössä. Säästöä syntyy, kun öljyllä toimivien lämpölaitosten lämmöntuotantoa korvataan akkuun ladatulla edullisemmilla polttoaineilla tuotetulla lämmöllä. Tutkimuksissa huomattiin, että on kannattavampaa varustaa akku omalla sähköisellä höyrystimellä kuin ottaa akun vaatima höyry turvelaitoksen prosesseista. Tällöin akkua voidaan käyttää turvelaitoksesta riippumatta ympäri vuoden ja saavuttaa huomattavasti suuremmat vuotuiset säästöt.

Laskelmissa saatiin ehdottomaksi maksimituotoksi 160 000 €. Koska todellisuudessa säästöihin vaikuttavat useat muuttujat ja epävarmuustekijät, oletettiin vuotuisiksi tuotoiksi 130 000 €. 800 000 €:n pääomakustannuksella takaisinmaksuajaksi saatiin noin 10 vuotta.

Investointiin liittyy huomattavia riskejä, joita ei voida ennakoida. Toisaalta kaukolämpöakku tuo käyttövarmuutta parantavia tekijöitä, joita ei voida rahassa mitata. Tutkimuksissa todettiin, että vuonna 2012 oli pitkiä jaksoja, jolloin jouduttiin jatkuvasti käyttämään öljyä eikä kaukolämpöakkuja voitu ladata. Siksi kannattaisi tutkia myös muita ratkaisuja öljyn käytön vähentämiseksi.

LÄHTEET

- Energian varastointi. 2004. Energian käytön ja tuotannon teknologiset näkymät: Energian varastointi. Teoksessa: Energia Suomessa. 3. painos. Helsinki: Edita, 211–312.
- Karhu, J. 2010. Kaukolämpöakun koon optimointi ja taloudellinen kannattavuus. Tampereen teknillinen yliopisto. Luonnontieteiden ja ympäristötekniikan tiedekunta. Ympäristö ja energiatekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. Julkaisematon.
- Kaukolämmitys. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Energiateollisuus. [Viitattu 2.4.2013]. Saatavana: <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>
- Kinnunen, M. 2003. Kaukolämpöakun kannattavuus teollisuuden ja yhdyskunnan energian yhteistuotannossa. [Verkkosivu]. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tuotantotalouden osasto, Teollisuustalouden laitos. Diplomityö. [Viitattu 11.9.2013]. Saatavana: <http://www.doria.fi/handle/10024/34855>
- Mursula, M. 2013. Kaukolämpöyksikön johtaja. Seinäjoen Energia Oy. Haastattelu 25.9.2013
- Omistus. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Seinäjoen Energia. [Viitattu 27.3.2013]. Saatavana: <http://www.seinajoki.fi/energia/yritysinfo/omistus.html>
- Toimintakertomus. 20.3.2012. [Verkkojulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen Energia. [Viitattu 27.3.2013]. Saatavana: <http://www.seinajoki.fi/energia/yritysinfo/toimintakertomus.html/43353.pdf>
- Toimintavarma kaukolämpö. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Energiateollisuus ry. [Viitattu 2.4.2013]. Saatavana: <http://www.kaukolampo.fi/toimintaperiaate.html>

LIITTEET

LIITE 1. Jaksollisen maksun diskonttaustekijät

Laskentakorko / Jaksot	2 %	4 %	6 %	8 %	10 %	12 %	14 %	16 %	18 %	20 %
1	0,980	0,962	0,943	0,926	0,909	0,893	0,877	0,862	0,847	0,833
2	1,942	1,886	1,833	1,783	1,736	1,690	1,647	1,605	1,566	1,528
3	2,884	2,775	2,673	2,577	2,487	2,402	2,322	2,246	2,174	2,106
4	3,808	3,630	3,465	3,312	3,170	3,037	2,914	2,798	2,690	2,589
5	4,713	4,452	4,212	3,993	3,791	3,605	3,433	3,274	3,127	2,991
6	5,601	5,242	4,917	4,623	4,355	4,111	3,889	3,685	3,498	3,326
7	6,472	6,002	5,582	5,206	4,868	4,564	4,288	4,039	3,812	3,605
8	7,325	6,733	6,210	5,747	5,335	4,968	4,639	4,344	4,078	3,837
9	8,162	7,435	6,802	6,247	5,759	5,328	4,946	4,607	4,303	4,031
10	8,983	8,111	7,360	6,710	6,145	5,650	5,216	4,833	4,494	4,192
11	9,787	8,760	7,887	7,139	6,495	5,938	5,453	5,029	4,656	4,327
12	10,575	9,385	8,384	7,536	6,814	6,194	5,660	5,197	4,793	4,439
13	11,348	9,986	8,853	7,904	7,103	6,424	5,842	5,342	4,910	4,533
14	12,106	10,563	9,295	8,244	7,367	6,628	6,002	5,468	5,008	4,611
15	12,849	11,118	9,712	8,559	7,606	6,811	6,142	5,575	5,092	4,675
16	13,578	11,652	10,106	8,851	7,824	6,974	6,265	5,668	5,162	4,730
17	14,292	12,166	10,477	9,122	8,022	7,120	6,373	5,749	5,222	4,775
18	14,992	12,659	10,828	9,372	8,201	7,250	6,467	5,818	5,273	4,812
19	15,678	13,134	11,158	9,604	8,365	7,366	6,550	5,877	5,316	4,843
20	16,351	13,590	11,470	9,818	8,514	7,469	6,623	5,929	5,353	4,870
21	17,011	14,029	11,764	10,017	8,649	7,562	6,687	5,973	5,384	4,891
22	17,658	14,451	12,042	10,201	8,772	7,645	6,743	6,011	5,410	4,909
23	18,292	14,857	12,303	10,371	8,883	7,718	6,792	6,044	5,432	4,925
24	18,914	15,247	12,550	10,529	8,985	7,784	6,835	6,073	5,451	4,937
25	19,523	15,622	12,783	10,675	9,077	7,843	6,873	6,097	5,467	4,948
26	20,121	15,983	13,003	10,810	9,161	7,896	6,906	6,118	5,480	4,956
27	20,707	16,330	13,211	10,935	9,237	7,943	6,935	6,136	5,492	4,964
28	21,281	16,663	13,406	11,051	9,307	7,984	6,961	6,152	5,502	4,970
29	21,844	16,984	13,591	11,158	9,370	8,022	6,983	6,166	5,510	4,975
30	22,396	17,292	13,765	11,258	9,427	8,055	7,003	6,177	5,517	4,979
31	22,938	17,588	13,929	11,350	9,479	8,085	7,020	6,187	5,523	4,982
32	23,468	17,874	14,084	11,435	9,526	8,112	7,035	6,196	5,528	4,985
33	23,989	18,148	14,230	11,514	9,569	8,135	7,048	6,203	5,532	4,988
34	24,499	18,411	14,368	11,587	9,609	8,157	7,060	6,210	5,536	4,990
35	24,999	18,665	14,498	11,655	9,644	8,176	7,070	6,215	5,539	4,992